

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra částí a mechanismů strojů

Návrh skrývatelných opěrek nohou pro porodní křeslo

Design of Hiding Leg Rests for a Birthing Chair

Student: Lucie Hanáková

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Milena Hruďčková, Ph.D.

Ostrava 2013

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra částí a mechanismů strojů

Zadání bakalářské práce

Student: **Lucie Hanáková**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení
Specializace: 40 Konstrukce strojních dílů a skupin
Téma: **Návrh skrývatelných opěrek nohou pro porodní křeslo**
Design of Hiding Leg Rests for a Birthing Chair

Zásady pro vypracování:

Navrhnete koncept skrývatelných opěrek nohou pro porodní křeslo.
Součástí práce bude rešerše zaměřená na problematiku porodních křesel se zaměřením na řešení opěrek nohou.
Zpracujete kinematické schéma vlastního návrhu sklápění a skrytí opěrek do tělesa křesla.
Provedte konstrukční návrh opěrek a doplňte nezbytnými pevnostními výpočty.
Zpracujete výkres sestavení v rozsahu minimálně A1 a dílenské výkresy vybraných dílů.
Problematika bude řešena ve spolupráci s firmou BORCAD cz s.r.o.

Seznam doporučené odborné literatury:

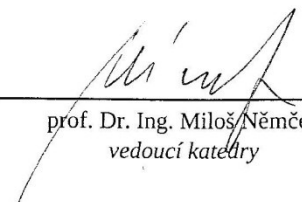
DEJL, Z.: *Konstrukce strojů a zařízení I – Spojovací části strojů*. Montanex a.s. Ostrava, 2000.
BOHÁČEK, F.: *Části a mechanismy strojů I - Spoje*. VUT Brno, 1987.
BOLEK, A. A KOL.: *Části strojů - svazek 1*. SNTL Praha, 1990.
NĚMČEK, M.: *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů*. 2. vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8.
KŘÍŽ, R.: *Strojnické tabulky II - Pohony*. Montanex a.s., Ostrava, 2002.
ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


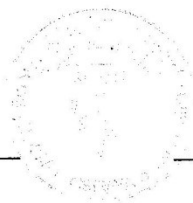
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Milena Hrudíčková, Ph.D.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013



prof. Dr. Ing. Miloš Němček
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě.....*17.5.2013*.....

.....*Lucie Hlaváčková*.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byla seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́доміі, že Vysoká škola báňská – technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB - TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB - TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB - TUO.
- было с́една́но, že užití své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohou jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB - TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́доміі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 17.5.2013

Lucie Hanáková

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Lucie Hanáková

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Ostrava – Zábřeh, Volgogradská 95, 700 30

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

HANÁKOVÁ, Lucie. *Návrh skrývatelných opěrek nohou pro porodní křeslo*. Ostrava, 2013. Bakalářská práce. VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra částí a mechanismů strojů. Vedoucí práce: Ing. Milena Hrudíčková, Ph.D.

Bakalářská práce se zabývá návrhem skrývatelných opěrek nohou pro porodní křeslo firmy BORCAD cz s.r.o. Jedním z požadavků je umístění složených opěrek v tělese porodního křesla tak, aby opěrky nebyly na první pohled vidět. Dalším požadavkem je navrhnout ručně ovládaný mechanismus pro skrytí opěrky.

Na začátku práce se zabývám srovnáním řešení opěrek nohou u jiných porodních křesel po celém světě. V další části se zabývám vlastním návrhem skrytí opěrek nohou. Vybraná varianta, schválená vedoucí práce, je dále detailně zpracována. Součástí práce je výpočtová a výkresová dokumentace.

Závěrem bakalářské práce je zhodnocení návrhu.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

HANÁKOVÁ, Lucie. *Design of Hiding Leg Rests for a Birthing Chair*. Ostrava, 2013. Bachelor thesis. VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machine Parts and Mechanisms. Tutor: Ing. Milena Hrudíčková, Ph.D.

The Bachelor Thesis deals with the design of hiding leg rests for a birthing chair of BORCAD cz s.r.o. One of the requirements is a placement of compound rests in the birthing chair body in order not to be seen at first sight. Another requirement is to design manually operated mechanism for hiding of the rest.

At the beginning of the thesis I am concerned with the comparison of technical solution of leg rests of different birthing chairs all over the world. In the next part of the thesis I am dwelling on the factual design of the leg rests hiding. The chosen solution, approved by the tutor, is further elaborated in details. The calculating and drawing documentation forms an integral part of the thesis.

Evaluation of the project forms the conclusion of the thesis.

Obsah

Seznam použitých označení	7
1 Úvod	8
1.1 Rešerše	8
1.2 Cíle práce	11
2 Schéma návrhu skrývatelných opěrek nohou	12
2.1 Konkrétní schéma návrhu	13
3 Použité mechanismy a zajištění	14
4 Pohyb opěrky	17
5 Výpočty	21
5.1 Použité materiály	22
5.2 Návrh geometrie ozubení	22
5.3 Kontrola lícovaného šroubu na otlačení a smyk	25
5.4 Pevnostní kontrola svislého čepu	27
5.5 Kontrola pouzdra s ozubeným kolem na otlačení	30
5.6 Výpočty MKP	34
6 Závěr	37
7 Poděkování	38
8 Seznam literatury	39
9 Seznam příloh	40

Seznam použitých označení

b	společná šířka zubů	[mm]
d, D	průměr	[mm]
F	síla	[N]
k	součinitel bezpečnosti	[-]
l	délka	[mm]
m	hmotnost	[kg]
M_o	ohybový moment	[N·m]
m_t	čelní modul vnější	[mm]
p	tlak	[MPa]
p_D	dovolený tlak	[MPa]
R_e	mez kluzu	[MPa]
R_m	mez pevnosti	[MPa]
S	plocha	[m ²]
W_o	modul odporu průřezu v ohybu	[mm ³]
x	rameno	[mm]
z_{12}	počet zubů pastorku a kola	[-]
β_m	sklon zubů střední	[°]
σ_{\max}	maximální napětí	[MPa]
σ_o	napětí v ohybu	[MPa]
σ_t	napětí v tahu	[MPa]
τ	smykové napětí	[MPa]
τ_D	dovolené smykové napětí	[MPa]

1 Úvod

V bakalářské práci se zabývám návrhem skrývatelných opěrek nohou pro porodní křeslo. Při návrhu spolupracuji s firmou BORCAD cz s.r.o., která sídlí ve Fryčovicích, a zabývá se nejen zdravotní technikou, ale také kolejovou technikou. Skrývatelnost opěrek do konstrukce sedací plochy porodního křesla ještě nebyla ve firmě řešena.

1.1 Rešerše

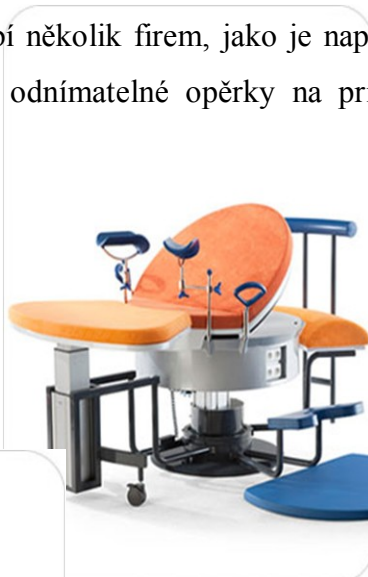
Opěrky nohou se používají u gynekologického vyšetření a porodů žen. Tyto dva typy použití lze aplikovat do jednoho zařízení s názvem porodní postel (křeslo). Porodní postele se vyskytují v nemocnicích právě na porodnickém oddělení. V České republice se nachází 95 nemocnic s tímto oddělením. A v moravskoslezském kraji je 10 takových nemocnic.

Opěrky nohou, jak už název vypovídá, slouží k opření nohou, jak při vyšetření, tak při porodu, kdy lékař musí mít jednoduchý přístup k vyšetřované ženě.

Opěrky nohou jako součást porodní postele vyrábí několik firem, jako je například firma Vivipar z Německa (obr. 1.1 a 1.2), která má odnímatelné opěrky na principu vysunutí se zajištěním pomocí zašroubování (obr. 1.3).



Obr. 1.1 Porodní postel Pandere [9]



Obr. 1.2 Porodní postel Vitalux [10]



Obr. 1.3 Detail opěrek nohou Vitalux [10]

Firma Brumbala GmbH & Co. KG z Německa vyrábí postele, jejichž opěrky jsou odnímatelné (obr. 1.4).

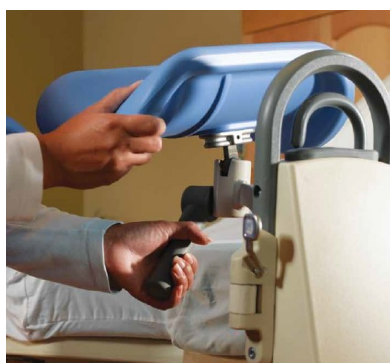


Obr. 1.4 Porodní postel [11]

Nebo firma Hill-Rom Corporate Offices z USA vytvořila porodní postel Affinity[®] 4 Birthing Bed (viz obr. 1.5 a detail řešení opěrky nohou viz obr. 1.6), kde pomocí páky mění libovolný úhel pohybem rukou.



Obr. 1.5 Porodní postel Affinity[®] 4 [12]



Obr. 1.6 Detail ovládání opěrky [12]

Další firmou je Stryker®, která používá různě polohovatelné opěrky nohou (viz obr. 1.7 a 1.8).



Obr. 1.7 Porodní postel [13]



Obr. 1.8 Detail opěrky [13]

Základním materiálem opěrek nohou je ocelová konstrukce skrytá v plastu. Kryt konstrukce z firmy BORCAD cz s.r.o. se vyrábí vakuovým lisováním termoplastického materiálu ABS PMMA v barvě RAL 9002 bílá. Část na opření nohou má povrch z lehce omyvatelného materiálu, a vnitřek z měkké pěnovky.

Na trhu existují různé typy opěrek, které jsou zcela odnímatelné, otočné, nebo se skládají pod porodní postel.

Výhodou existence opěrek u porodní postele, je právě upevnění noh ženy pro snadné zpřístupnění při porodu i vyšetření. Mezi nevýhody opěrek nohou patří jejich odnímatelnost, protože většina opěrek je poměrně těžká, a jejich přemísťování mimo porodní postel. U otočných opěrek je směr možného sklopení pouze dolů a nevýhodou je velký prostor, který opěrky zaujímají. U některých starších typů je špatně zvolen materiál pod povrchem opěrky, což vede k menšímu uživatelskému komfortu.

1.2 Cíle práce

Mým cílem v této bakalářské práci je na již existující porodní postel firmy BORCAD cz s.r.o. (viz obr. 1.9) vytvořit mechanismus pro skrytí opěrek nohou tak, aby nebránily v přístupu a volném pohybu personálu kolem postele a také nezasahovaly do prostoru vyhrazeného vyšetřované ženě při zachování všech stávajících funkcí postele. Navržený mechanismus musí zajistit ergonomičnost a bezpečnost při používání opěrek.



Obr. 1.9 Porodní postel AVE [14]

U současných porodních postelí je často nutné opěrky zcela demontovat a odložit stranou vždy, když je lékař nebo vyšetřovaná žena nepotřebuje a překážely by. Demontáž opěrek s sebou přináší mnohé i nebezpečné situace a v neposlední řadě se jedná o namáhavou činnost, protože opěrka váží i několik kilogramů.

2 Schéma návrhu skrývatelných opěrek nohou

Při návrhu skrývatelných opěrek nohou jsem dbala na kritéria firmy BORCAD cz s.r.o., kde jedno z kritérií bylo umístění mechanismu do sedací plochy porodního křesla a tři základní polohy opěrek, které musely být zachovány. První poloha je vyšetřovací, kdy vyšetřovaná žena má svá chodidla na opěrkách a opěrky jsou dole. Druhá poloha opěrky je tzv. klidová, kdy žena si libovolně nastaví opěrky, a odpočívá. Poslední nejdůležitější porodní poloha je, když má žena na opěrkách svá lýtka a opěrka je umístěna nahoře (viz obr. 2.1).



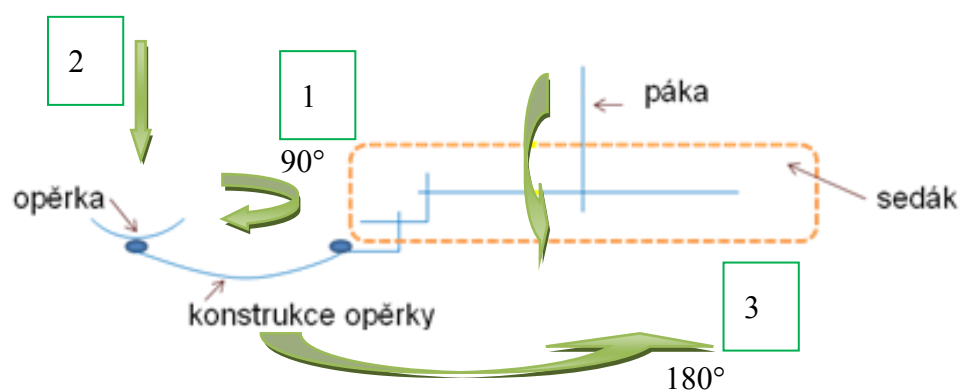
Obr. 2.1 Porodní postel AVE[15]

Abych zachovala zmíněné polohy, nechala jsem střední část konstrukce stejnou. Prostor pro kolenní zaoblení u opěrky jsem výrazně zkrátila, kvůli zmenšení rozměru, úpravy polohy těžiště a zmenšení hmotnosti. Toto zkrácení opěrné plochy nijak nezhoršuje dosavadní uživatelský komfort.

2.1 Konkrétní schéma návrhu

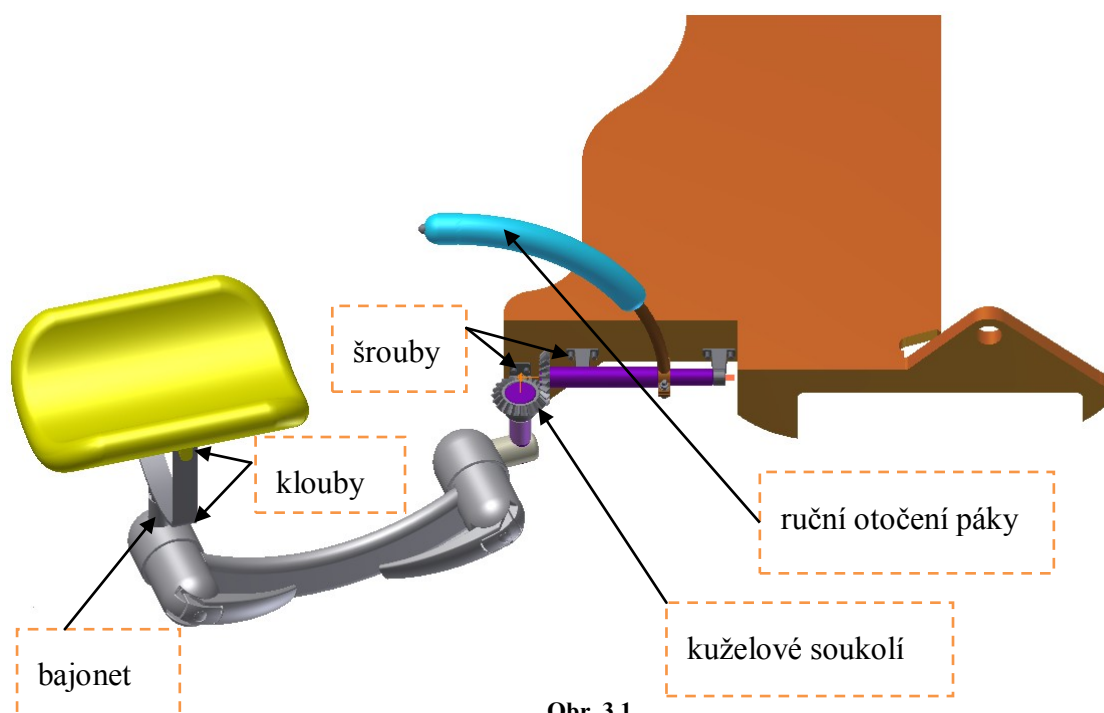
Při návrhu kinematiky mechanismu opěrky využívám následující pohyby:

- 1. otočení opěrky o 90° ,
- 2. sklopení opěrky o 90° ,
- 3. otočení konstrukce opěrky o 180° pomocí páky.



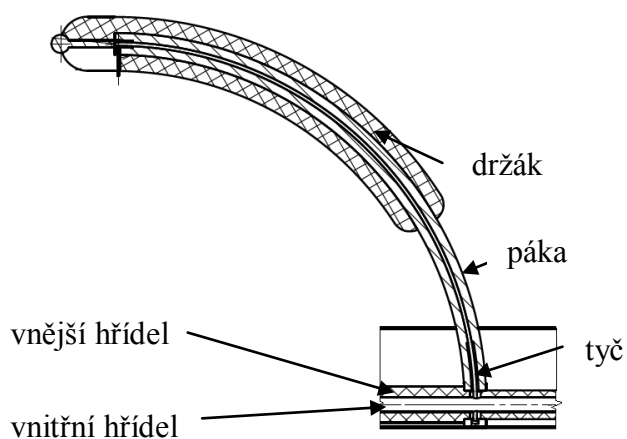
Obr. 2.2

3 Použité mechanismy a zajištění

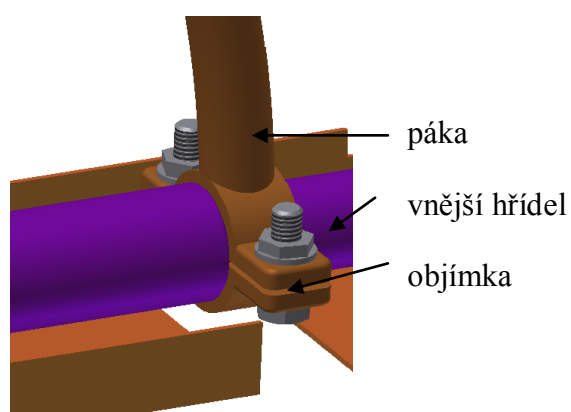


Obr. 3.1

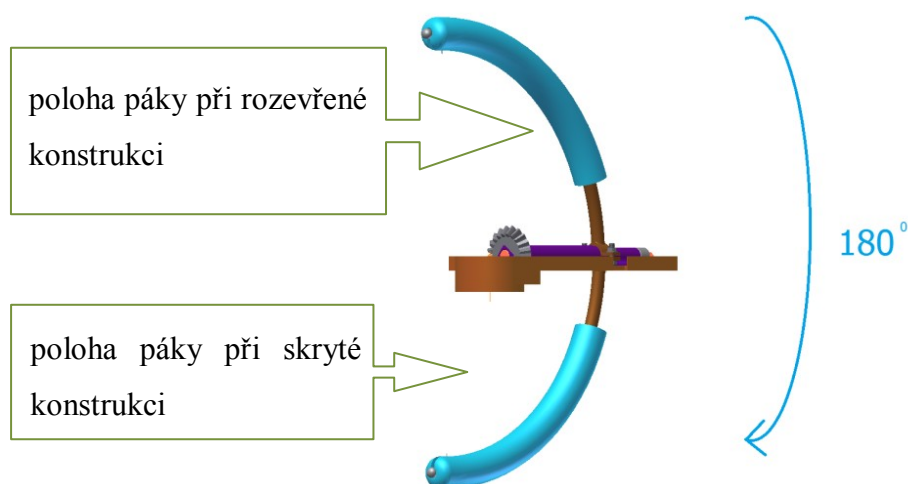
Ruční otočení páky o 180° směrem nahoru pro vysunutí opěrky. Páka je pevně spojena s vnější hřídelí pomocí třecí objímky. Objímku lze snadno demontovat pomocí odšroubování. Polohu páky zajišťuje tyč, která je umístěna uvnitř. Při zasunutí této tyče se pevně spojí páka s hřídelí.



Obr. 3.2 Řez pákou

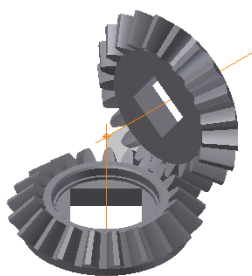


Obr. 3.3 Detail spojení páky s hřídelí



Obr. 3.4 Sklopení páky

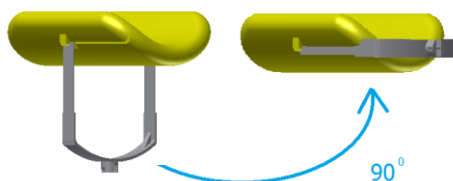
Kuželová kola přenáší otočný pohyb přes zuby. Potřebný rozsah otočení je 180°. Na obr. 3.5 je pravé ozubené kolo spojeno s vnější hřídelí napevno čtyřhranem. Druhé ozubené kolo je umístěno svisle na čepu a taktéž čtyřhranné uchycení.



Obr. 3.5 Kuželová kola

U následujících dvou mechanismů se jedná o přípravu složení opěrky (žlutá část na obr. 3.6) do polohy před konečným skrytím opěrky do tělesa křesla.

Sklopení opěrky o 90° (obr. 3.6) probíhá pomocí kloubů, kde pohyb vykonává člověk. Tato část má na obou koncích klouby, které se upevňují zasunutím do dalších částí (obr. 3.7).

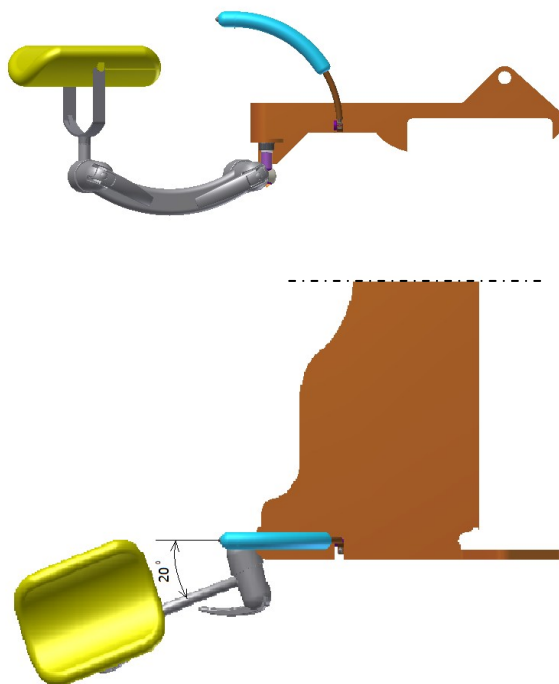


Obr. 3.6 Sklopení opěrky

4 Pohyb opěrky

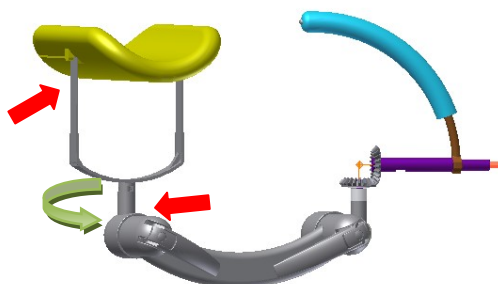
V této kapitole je názorně ukázána kinematika pohybu celé konstrukce skrývatelných opěrek nohou.

Na následujícím obr. 4.1 je rozevřená opěrka v pozici pro opření lýtky, tedy v nejvyšší poloze. Vzhledem k podélné ose postele směřuje opěrná část šikmo směrem ven v úhlu 20° , což odpovídá úhlu rozevření nohou při vyšetřování.



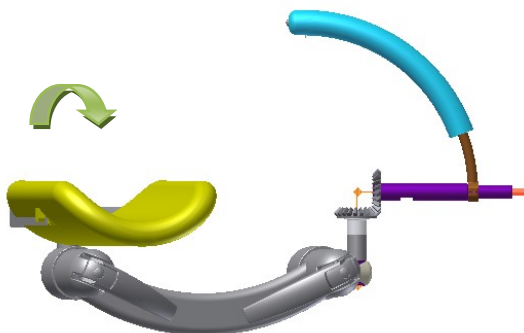
Obr. 4.1

Obr. 4.2 ukazuje první fázi skrývání, při které je třeba upravit pozici opěrné části (žlutou barvou). Povytažením opěrné části směrem vzhůru dojde k odjištění obou kloubů (červené šipky) a následným pootočením o 90° (ve směru zelené šipky) ve spodním kloubu je opěrka připravena na další fázi skrývání.



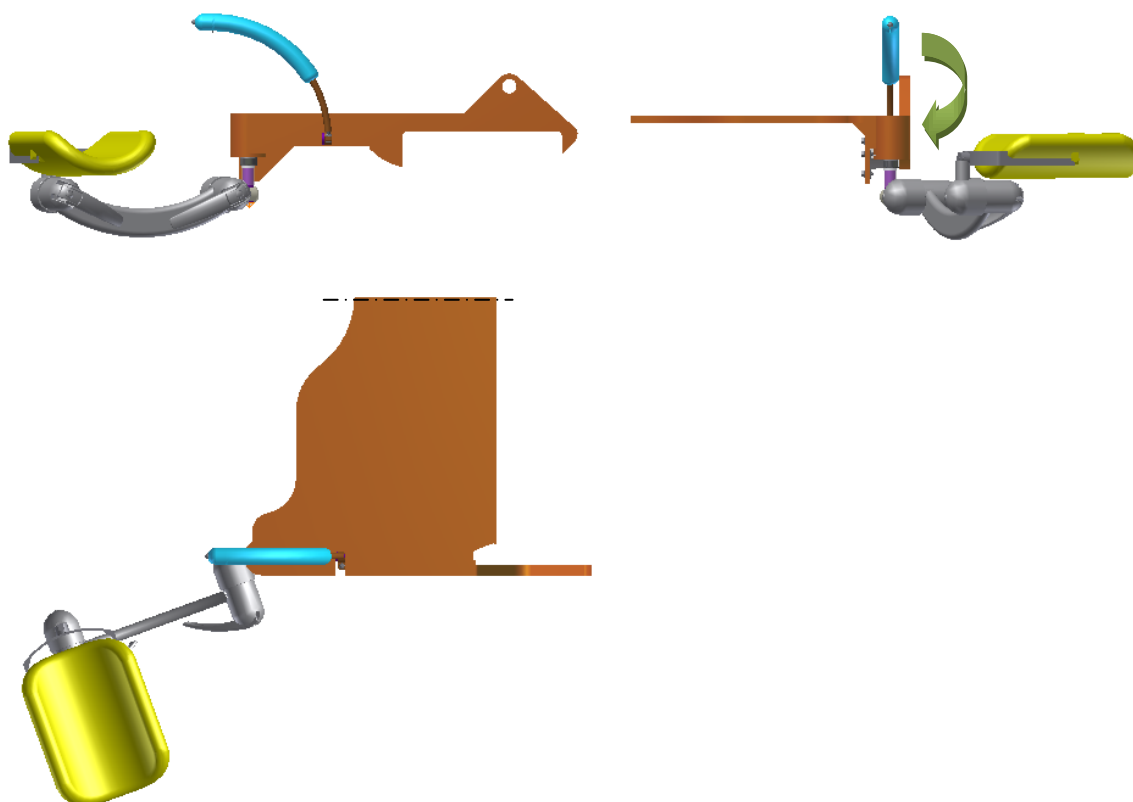
Obr. 4.2

V další fázi lze opěrnou část sklopit do vidlice držáku otočením v obou kloubech o 90° (obr. 4.3). Tím se výrazně zmenší výška konstrukce, která je tímto připravena na finální fázi skrývání.

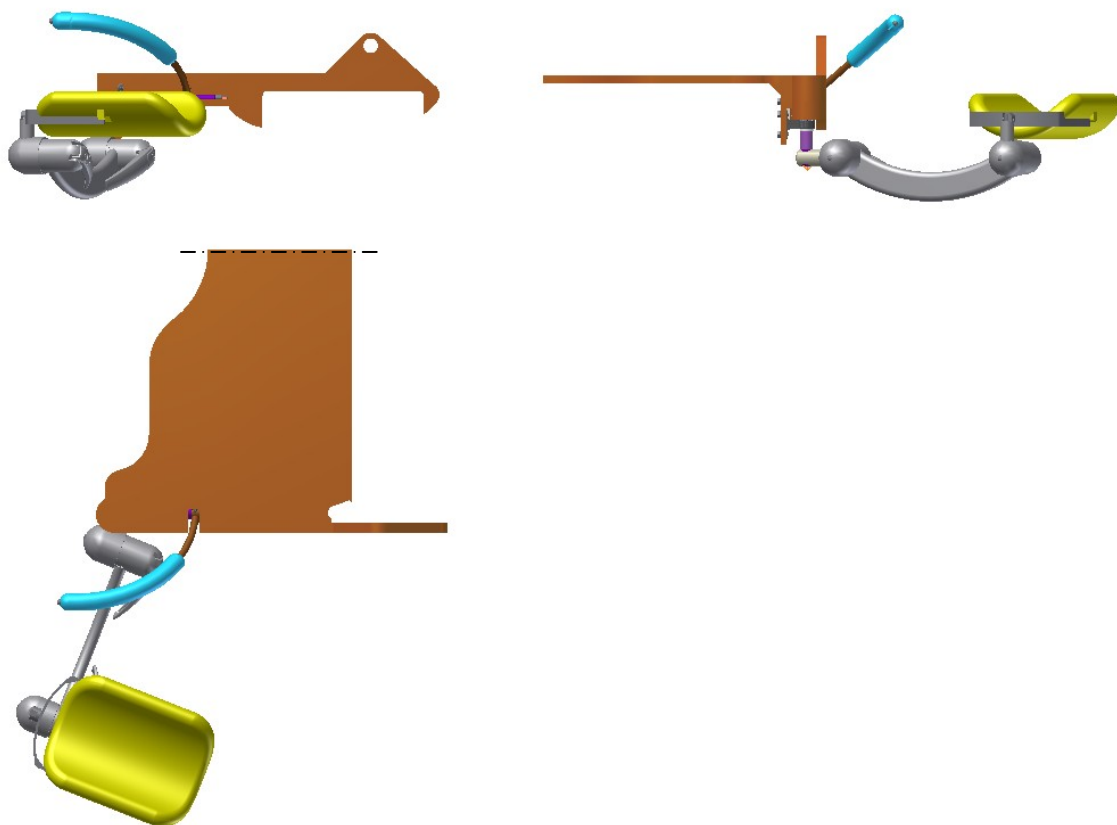


Obr. 4.3

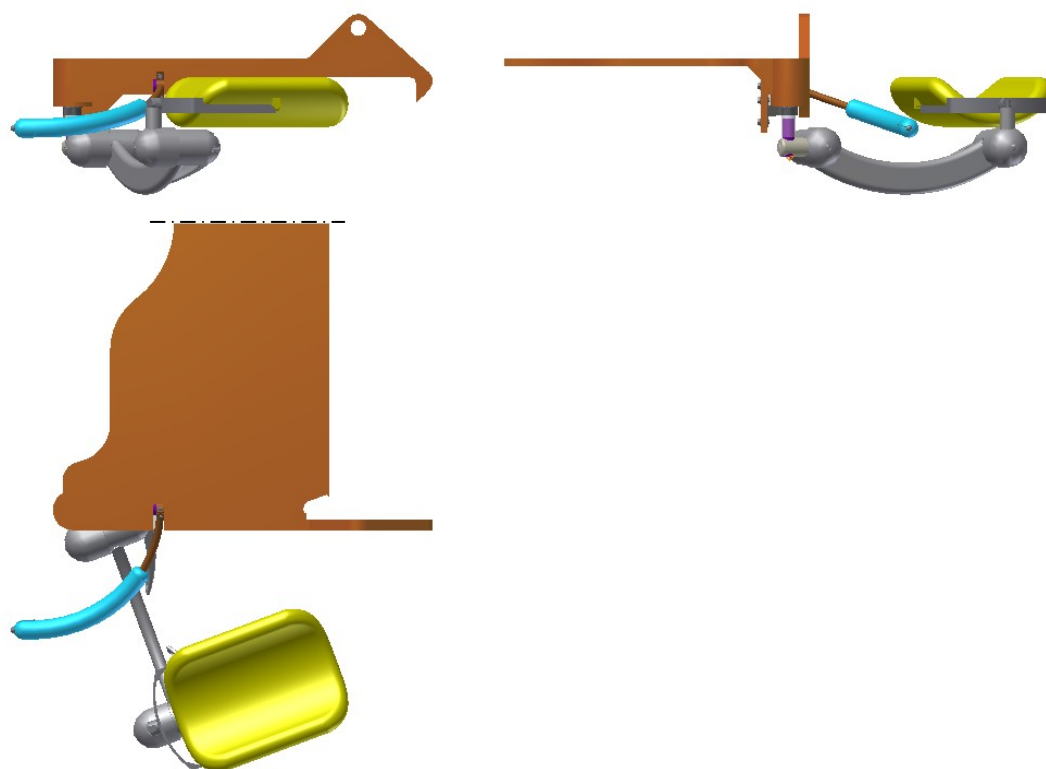
Následující obrázky znázorňují skrytí opěrky od $0-180^\circ$ (u obrázku 4.4 je opěrka nohy připravena na skrytí pootočením a sklopením o 90° - viz předchozí obrázky). Pohybem ve směru šipky sklápíme modrou páku a díky ozubenému mechanismu skrýváme opěrku pod sedák.



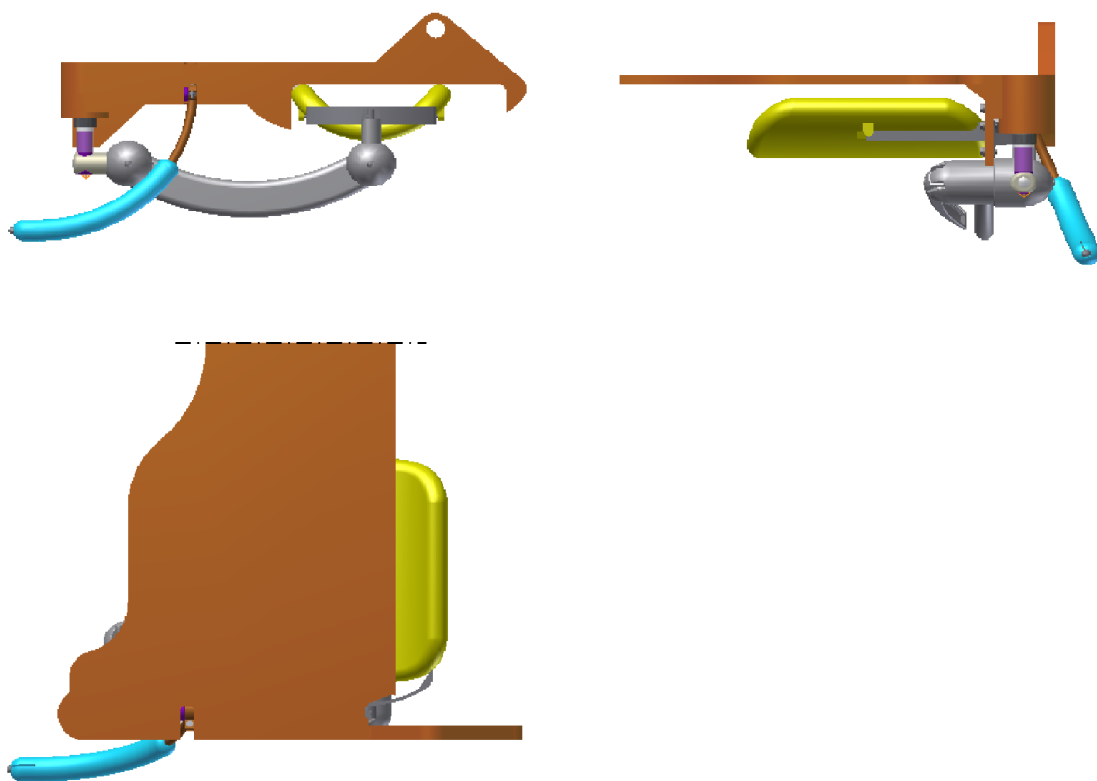
Obr. 4.4 Sklopení páky o 0 stupňů – počáteční fáze skrývání opěrky – počáteční mezní poloha



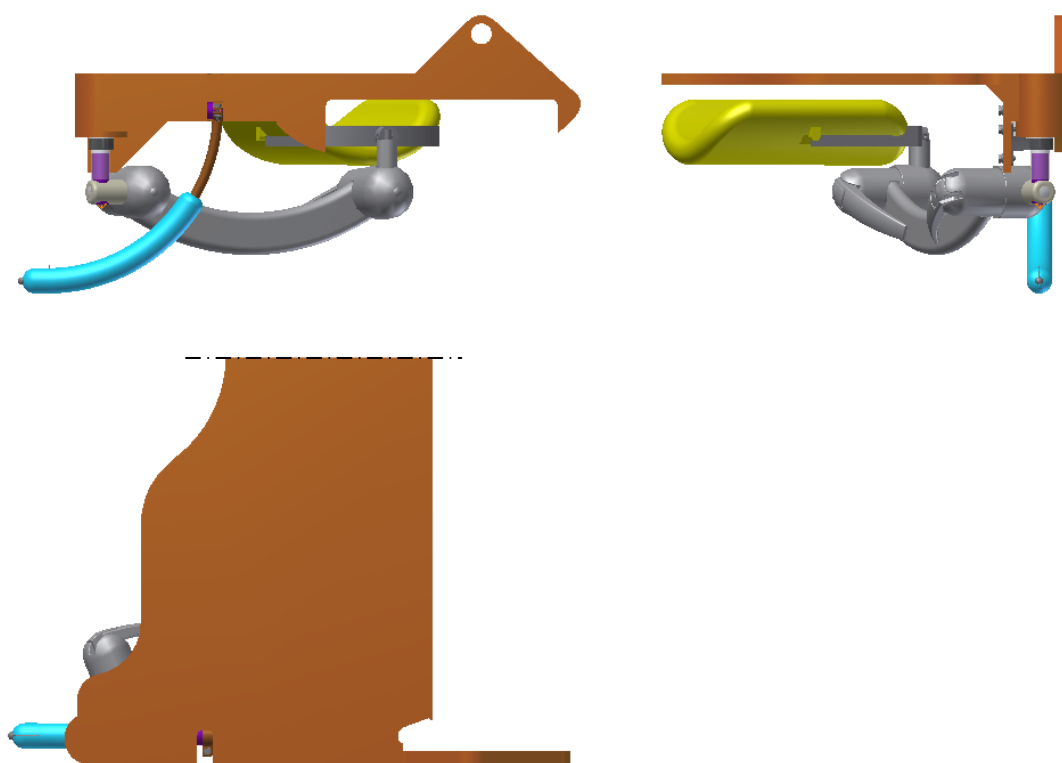
Obr. 4.5 Sklopení páky o 50 stupňů



Obr. 4.6 Sklopení páky o 110 stupňů



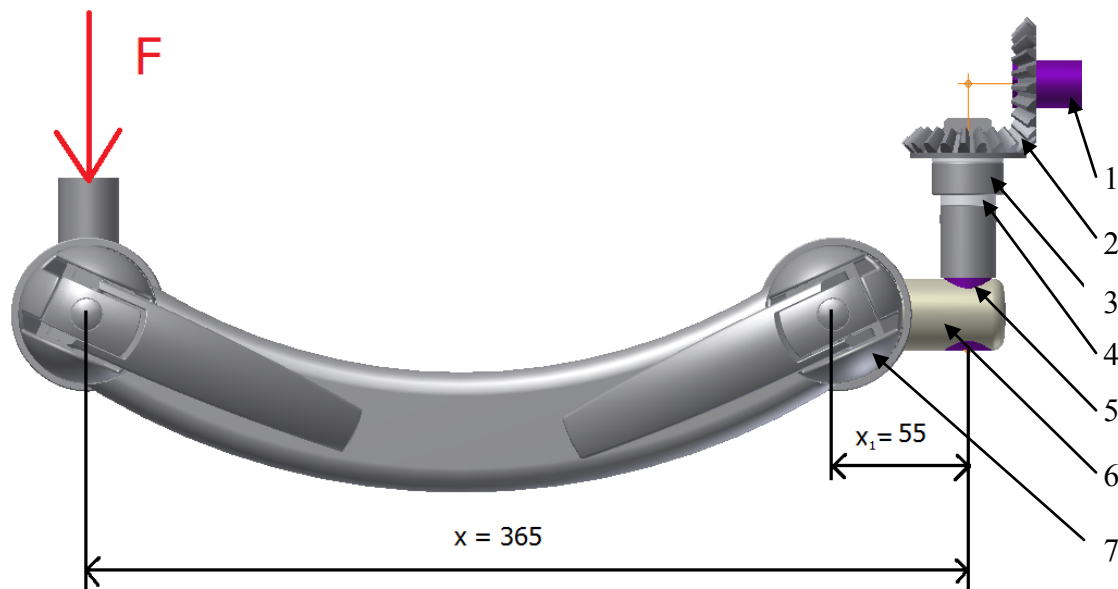
Obr. 4.7 Sklopení páky o 160 stupňů



Obr. 4.8 Sklopení páky o 180 stupňů – opěrka skryta pod sedákem postele – konečná mezní poloha

5 Výpočty

Tato kapitola se zaměřuje na návrh kuželového soukolí, pevnostní kontrolu kritických míst v navržené konstrukci skrývatelných opěrek nohou, a kontrolu pomocí MKP v programu „ANSYS“.



Obr. 5.1 Schéma částí otočného mechanismu

Na obr. 5.1 je schéma konstrukce, kde jednotlivé části jsou:

- (1) hřídel,
- (2) kuželové soukolí,
- (3) objímka,
- (4) teflonové pouzdro,
- (5) svislý čep,
- (6) pouzdro svislého čepu,
- (7) nosné rameno.

Stanovení zatěžující síly

Síla F na obr. 5.1 představuje tíhu nohy, kterou jsem na základě experimentálního měření s vedoucí bakalářské práce zvolila ve velikosti 300 N. Provedla jsem měření, při kterém jsem pomocí plošného siloměru zajišťovala tíhovou sílu působící při předpokládaném zatížení opěrky. Hmotnost vlastní opěrky podle již existující opěrky 5 kg. Celková zatěžující síla působící na nosné části mechanismu bude tedy 350 N.

5.1 Použité materiály

V této kapitole se budu zabývat materiály, pro některé části konstrukce, které jsem použila.

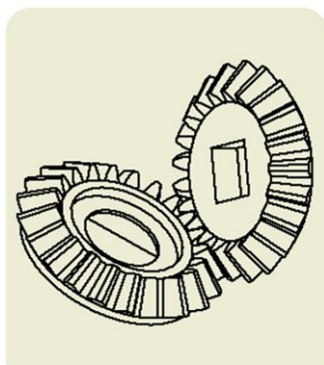
Materiál TECAFORM, Polyoxymethylen-Homopolymer (POM-H) jsem použila u kuželových kol a vnější hřídele. Tento materiál se vyznačuje dobrou obrobitelností, pevností viz materiálový list (Příloha 1).

Teflon neboli polytetrafluoretylén (PTFE) je vhodný pro kluzná vedení, z tohoto důvodu jsem ho využila u pouzdra pod kuželovým kolem a u kroužku pod pouzdem uloženém na hlavním čepu. Mezi jeho vlastnosti patří odolnost proti všem chemikáliím, vysoká kluznost a houževnatost.

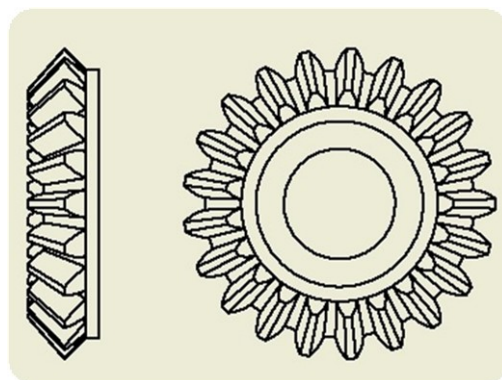
17 0124 je nerezový materiál, dobře obrobitelný, odolný vůči otěru a je tvárný zatepla. Tento materiál jsem využila u hlavního čepu a vnitřní hřídele.

Materiálem ABS PMMA [8] je pokryta celá porodní postel firmy BORCAD cz s.r.o. a tento materiál jsem použila na sedací plochu a krytý mechanismu.

5.2 Návrh geometrie ozubení



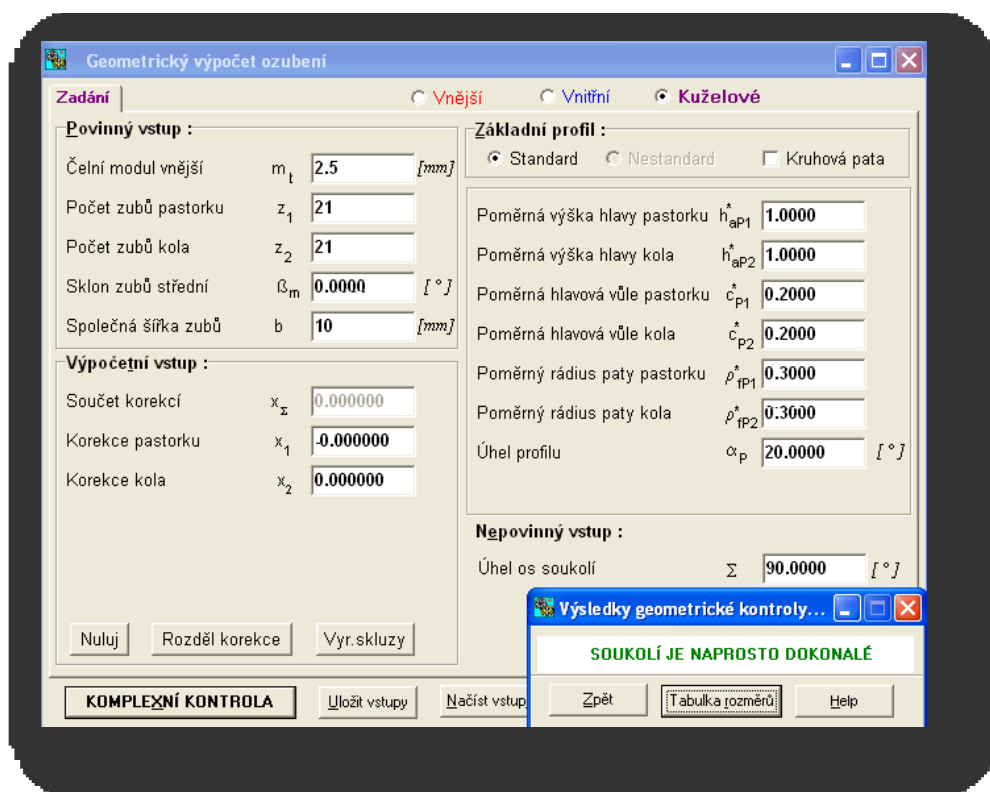
Obr. 5.2



Obr. 5.3

Cílem je navrhnout kuželová ozubená kola s převodovým poměrem $i = 1$ a jejich velikost byla adekvátní k rozměrům, a umístěním tohoto mechanismu v prostředí sedací plochy porodního křesla.

Pro návrh geometrie byl zvolen výpočetní program: „GEOMETRIE“ autora prof. Dr. Ing. Miloše Němčeka z katedry částí a mechanismů strojů (viz obr. 5.4). Parametry jsou vhodně zvoleny tak, aby vyhovovaly zadaným požadavkům.



Obr. 5.4 Ukázka z geometrického výpočtu ozubení

Výpočet geometrie soukolí:

Kuželové soukolí převádí rotační pohyb z vodorovné do svislé osy při převodovém poměru $i = 1$, slouží tedy spíše jako mechanismus pro transformaci pohybu než pro přenos krouticího momentu. V následující tabulce 5.1 jsou uvedeny výsledné geometrické parametry zvoleného kuželového soukolí s přímými zuby se standardním ozubením dle platných norem. Zvolená velikost vnějšího čelního modulu $m_t = 2,5$ mm je z důvodu malého zatížení ozubení považována za dostatečnou.

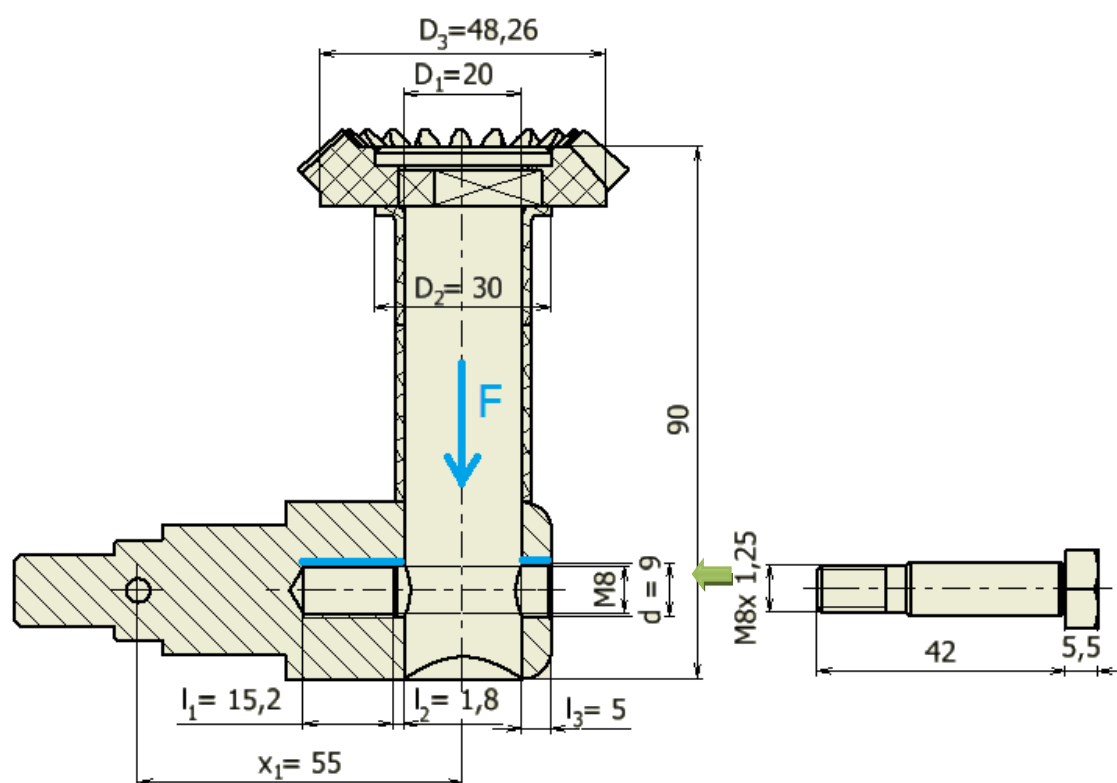
Tabulka 5.2

		<i>Rozměr</i>	<i>PASTOREK</i>		<i>KOLO</i>
Typ ozubení			Kuželové		Kuželové
Převodový poměr	u	[-]		1.000	
Úhel os soukolí	Σ	[°]		90.00000	
Počet zubů	z	[-]	21		21
Čelní modul vnější	m_t	[mm]		2.500	
Čelní modul střední	m_{tm}	[mm]		2.163	
Úhel sklonu zubu střední	β_m	[°]		0	
Společná šířka kol	b	[mm]		10.000	
Délka povrchové přímky kužele	L_e	[mm]		37.123	
Jednotková korekce	x	[-]	0		0
Hodnota posunutí profilu	$x \cdot m_t$	[mm]	0		0
Součet jednotkových korekcí	x_Σ	[mm]		0	
Průměr vnější patní	d_f	[mm]	48.25736		48.25736
roztečný	d	[mm]	52.50000		52.50000
hlavový	d_a	[mm]	56.03553		56.03553
Průměr střední roztečný	d_m	[mm]	45.42893		45.42893
Průměr vnitřní hlavový	d_{ai}	[mm]	40.94102		40.94102
Tloušťka zubu na hlavě vnější	s_a	[mm]	1.70708		1.70708
Tloušťka zubu na hlavě vnitřní	s_{ai}	[mm]	1.24724		1.24724
Výška vnější paty	h_f	[mm]	3.00000		3.00000
hlavy	h_a	[mm]	2.50000		2.50000
zubu	h	[mm]	5.50000		5.50000
Úhel kužele patního	δ_f	[°]	40.37984		40.37984
roztečného	δ	[°]	45.00000		45.00000
hlavového	δ_a	[°]	48.85268		48.85268
Poměr b/d	ψ_d	[-]	0.190		0.190
Poměr b/m	ψ_m	[-]		4.000	
Poměr b/ L_e	ψ_L	[-]		0.269	
Průmět roztečné šířky do osy kužele		[mm]	7.071		7.071
Počet zubů virtuálního kola	z_v	[-]	29.70		29.70
Průměr virtuální roztečný stř.	d_{vm}	[mm]	64.24621		64.24621
Úhel záběru čelní	α_{tw}	[°]		20.00000	
Měrný skluz na patě		[-]	-1.84555		-1.84555
Měrný skluz na hlavě		[-]	0.64857		0.64857
Součinitel trvání záběru profilu	ε_α	[-]		1.65127	
Součinitel trvání záběru krokem	ε_β	[-]		0	
Součinitel trvání záběru celkový	ε_γ	[-]		1.65127	
Poměr b/ d_{vm}	ψ_{dv}	[-]	0.156		0.156
Počet zubů nástroje	z_0	[-]		29.698	
Převod mezi nástrojem a kolem		[-]	1.414		1.414
Poměrná výška hlavy profilu	h_a^*	[-]	1.00000		1.00000
Poměrná hlavová vůle profilu	c^*	[-]	0.20000		0.20000
Poměrný rádius paty profilu	ρ_f^*	[-]	0.30000		0.30000
Úhel profilu	α_n	[°]		20.00000	

5.3 Kontrola lícovaného šroubu na otláčení a smyk

Na obr. 5.5 je řez zavěšením nosného ramene, poháněné kuželové ozubené kolo je nasazeno na čtyřhran svislého čepu, který je prostrčen teflonovým pouzdem. Na svislý čep je zdola nastrčeno nosné rameno a je pojištěno příčným lícovacím šroubem. Tato konstrukce je upevněna v objímce v místě teflonového pouzdra a je šrouby připevněna k rámu postele.

Spojení mezi nosným ramenem a svislým čepem (viz obr. 5.1) je lícovaný šroub M8, který kontroluji na otláčení a stříh. Plocha otláčení je na obr. 5.5 označena modrou vodorovnou čarou. Síla působící na lícovaný šroub má hodnotu $F = 350$ N jak je uvedeno v úvodu kapitoly 5.



Obr. 5.5 Řez otočným mechanismem zavěšení nosného ramene a příčný lícovací šroub zajišťující nosné rameno

Kontrola na otláčení

Lícovaný šroub M8, kde průměr dříku je 9 mm.

Celková síla $F = 350$ N.

Podmínka pro dovolený tlak:

$$p = \frac{F}{S} < p_D \quad (5.1)$$

Dovolený tlak volím vzhledem k materiálu kolíku (11 600):

$$p_D = 30 \text{ MPa} \quad (5.2)$$

Tlak v místě otláčení:

$$p_1 = \frac{F}{S} = \frac{F}{l_1 \cdot d} = \frac{350}{15,2 \cdot 9} = 2,5 \text{ MPa} \quad (5.3)$$

$$p_2 = \frac{F}{S} = \frac{F}{(l_2 + l_3) \cdot d} = \frac{350}{(1,8 + 5) \cdot 9} = 5,7 \text{ MPa} \quad (5.4)$$

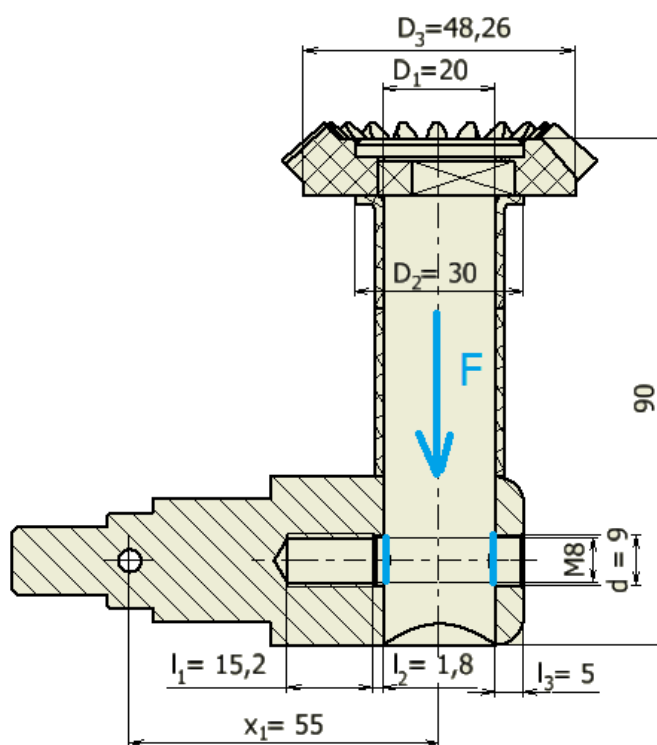
$$p = p_1 + p_2 = 2,5 + 5,7 = 8,2 \text{ MPa} \quad (5.5)$$

$l_1 = 15,2 \text{ mm}$; $l_2 = 1,8 \text{ mm}$; $l_3 = 5 \text{ mm}$ jsou délky otláčovaných ploch (obr. 5.5)

Podmínka je splněna, otláčení je minimální.

Kontrola lícovaného šroubu na smyk

Kontrola průřezu na smyk je na obr. 5.6 označena modrou svislou čarou. Síla působící na lícovaný šroub má hodnotu $F = 350 \text{ N}$ podle kapitoly 5.



Obr. 5.6

Podmínka pevnosti ve smyku:

$$\tau \ll \tau_D$$

$$\tau = \frac{F}{\pi \cdot d_1 \cdot v} = \frac{350}{\pi \cdot 20 \cdot 9} = 0,618 \text{ MPa} \quad (5.6)$$

$$\tau_D = \sigma_D = \frac{R_e}{k} = \frac{295}{2,8} = 105 \text{ MPa} \quad (5.7)$$

Hodnotu bezpečnosti volím $k = 2,8$.

Mez kluzu $R_e = 295$ [MPa] pro materiál 17 024.2.

Namáhání ve smyku vyhovuje podmínce.

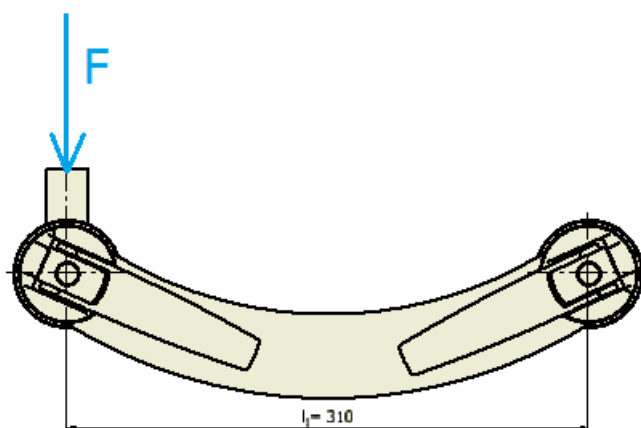
5.4 Pevnostní kontrola svislého čepu

Nejvíce namáhanou součástí otočného mechanismu je, spolu s nosným ramenem, svislý čep. Konstrukci nosného ramene jsem převzala od výrobce, proto jej pevnostně nekontroluji. Svislý čep spojuje poháněné ozubené kolo s nosným ramenem a zprostředkovává jejich současné otáčení.

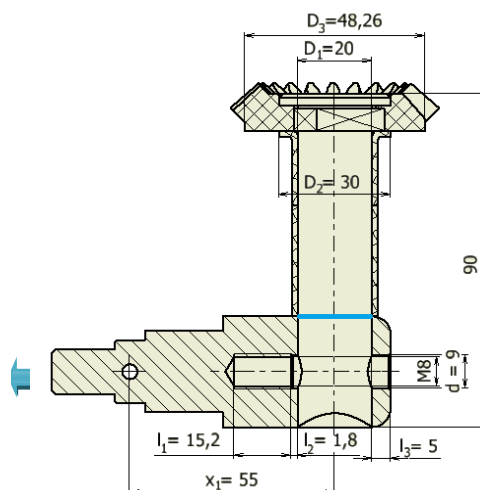
Čep bude namáhán ohybem, tahem, tlakem a smykem. Pro materiál čepu je zvolena korozivzdorná ocel 17 024.2 z důvodu vysokých požadavků na hygienu a omyvatelnost konstrukce. Působí na něj síla zatížení nosného ramene $F = 350 \text{ N}$, která ve svislém čepu způsobuje ohybové a tahové napětí a v tělese hlavy čepu způsobuje smykové napětí a pod hlavou tlak. Mechanické vlastnosti materiálu 17 024.2 jsou uvedeny v tabulce 5.2:

Tabulka 5.2 Mechanické parametry materiálu 17 024.2 [2] použitého pro svislý čep

Označení podle ČSN	Mechanické vlastnosti			Třída odpadu	Vlastnosti a použití
	R_m (MPa)	$R_{e \min}$ (MPa)	Tvrdost HB		
17 024.2	750 až 900	490	max. 229	024	Ocel odolná proti korozi, obrobitelnost a tvárnost zatepla dobrá Ž – 800 až 840 °C, K – 1000 až 1050°C/olej, P – 150 až 200°C/voda, vzduch Nerezavějící součásti odolávající otěru, zředěné kyselině dusičné a některým slabým organickým kyselinám. Nože, měřidla, chirurgické nástroje



Obr. 5.7 Nosné rameno



Obr. 5.8

Výpočet na ohyb:

Rameno x se skládá z délky nosného ramene l_1 a délky pouzdra svislého čepu x_1 (viz obr. 5.1)

$$x = l_1 + x_1 = 310 + 55 = 365 \text{ mm.} \quad (5.8)$$

Ohybový moment M_o [N·m]:

$$M_o = F \cdot x = 350 \cdot 365 = 127\,750 \text{ N} \cdot \text{mm} \approx 128 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (5.9)$$

Modul odporu průřezu v ohybu W_o [mm³]:

$$W_o = \frac{\pi \cdot D_1^3}{32} = \frac{\pi \cdot 20^3}{32} = 785 \text{ mm}^3 \quad (5.10)$$

Kde průměr svislého čepu $D_1 = 20$ mm (obr. 5.7).

Napětí v ohybu σ_o [MPa]

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{128 \cdot 10^3}{785} = 163 \text{ MPa} \quad (5.11)$$

Výpočet na tah:

Napětí v tahu σ_t [MPa]

$$\sigma_t = \frac{F}{\frac{\pi \cdot D_1^2}{4}} = \frac{350}{\frac{\pi \cdot 20^2}{4}} = 1,11 \text{ MPa} \quad (5.12)$$

Maximální napětí σ_{max} [MPa]:

$$\sigma_{max} = \sigma_o + \sigma_t = 163 + 1,11 = 164,11 \text{ MPa} \quad (5.13)$$

Podmínka:

$$\sigma_{max} < \sigma_D \quad (5.14)$$

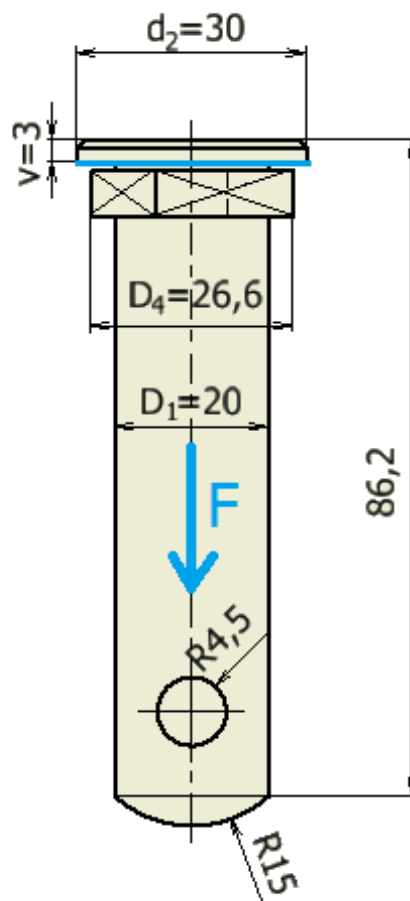
Výpočet bezpečnosti:

$$k = \frac{R_e}{\sigma_{max}} = \frac{490}{164,11} = 2,98 \quad (5.15)$$

Bezpečnost je vyhovující.

Kontrola svislého čepu na otláčení

Svislý čep nese zatížení celé konstrukce. Jeho hlava je shora opřena o pohaněné kuželové kolo. Dotyk mezi čepem a ozubeným kolem kontroluji na otláčení. Síla $F = 350$ N je zatížení od nohy opřené na opěrce a vlastní tíhy opěrky. Kuželové kolo je z materiálu TECAFORM (POM-H), jehož materiálové vlastnosti jsou v příloze 1. Jedná se o mechanicky odolný termoplast vhodný pro obrábění i lisování a vyrábějí se z něj různé strojní součástky, např. i ozubená kola. Je také vhodný pro prostředí se zvýšenými požadavky na hygienu a chemickou odolnost, je tedy ideální pro použití ve zdravotnictví.



Obr. 5.9 Svislý čep

Podmínka pro dovolený tlak:

$$p = \frac{F}{S} < p_D$$

Tlak v místě otlačení pod hlavou čepu:

$$p = \frac{F}{S} = \frac{F}{\pi \cdot \frac{(d_2^2 - d_1^2)}{4}} = \frac{350}{\pi \cdot \frac{(30^2 - 20^2)}{4}} = 0,89 \text{ MPa} \quad (5.16)$$

Dovolený tlak volím:

$$p_D = 30 \text{ MPa}$$

Podmínka je splněna, otlačení je minimální.

$$p_D = \frac{0,5 \cdot R_m}{k} \quad (5.17)$$

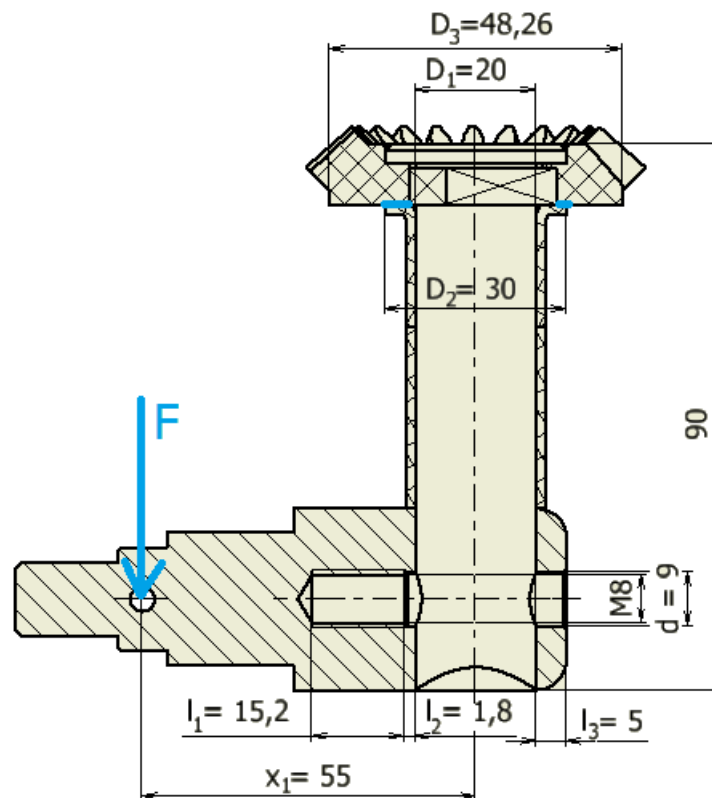
Mez pevnosti R_m pro materiál ozubených kol z TECAFORMU (POM-H) je 79 MPa.

$$k = \frac{0,5 \cdot R_m}{p} = \frac{0,5 \cdot 79}{0,89} = 44 \quad (5.18)$$

Bezpečnost v místě otlačení vyšla velmi vysoká.

5.5 Kontrola pouzdra s ozubeným kolem na otlačení

Ozubené kolo se svislým čepem prostrčeným čtyřhranným otvorem je vsazeno do kluzného pouzdra, které je přes objímku a šrouby připevněno k rámu postele. Kluzné pouzdro je z materiálu teflon (PTFE). Kontrolované místo otlačení je styková plocha mezi pouzdem a kuželovým ozubeným kolem. Ztěžující síla je 350 N.



Obr. 5.10 Plocha mezi ozubeným kolem a teflonovým kluzným pouzdem kontrolovaná na otláčení

Tlak v místě otláčení:

Podmínka pro dovolený tlak:

$$p = \frac{F}{S} < p_D$$

$$p = \frac{F}{S} = \frac{F}{\pi \cdot \frac{(D_3^2 - D_2^2)}{4}} = \frac{350}{\pi \cdot \frac{(48,25^2 - 20^2)}{4}} = 0,23 \text{ MPa} \quad (5.19)$$

Protože teflon má nižší mez pevnosti než materiál ozubeného kola (TECAFORM – POM-H), pro výpočet jsou rozhodující mechanické vlastnosti materiálu s menší pevností.

Dovolený tlak pro teflonové pouzdro volím:

$$p_D = 5 \text{ MPa}$$

Podmínka je splněna, otláčení je minimální.

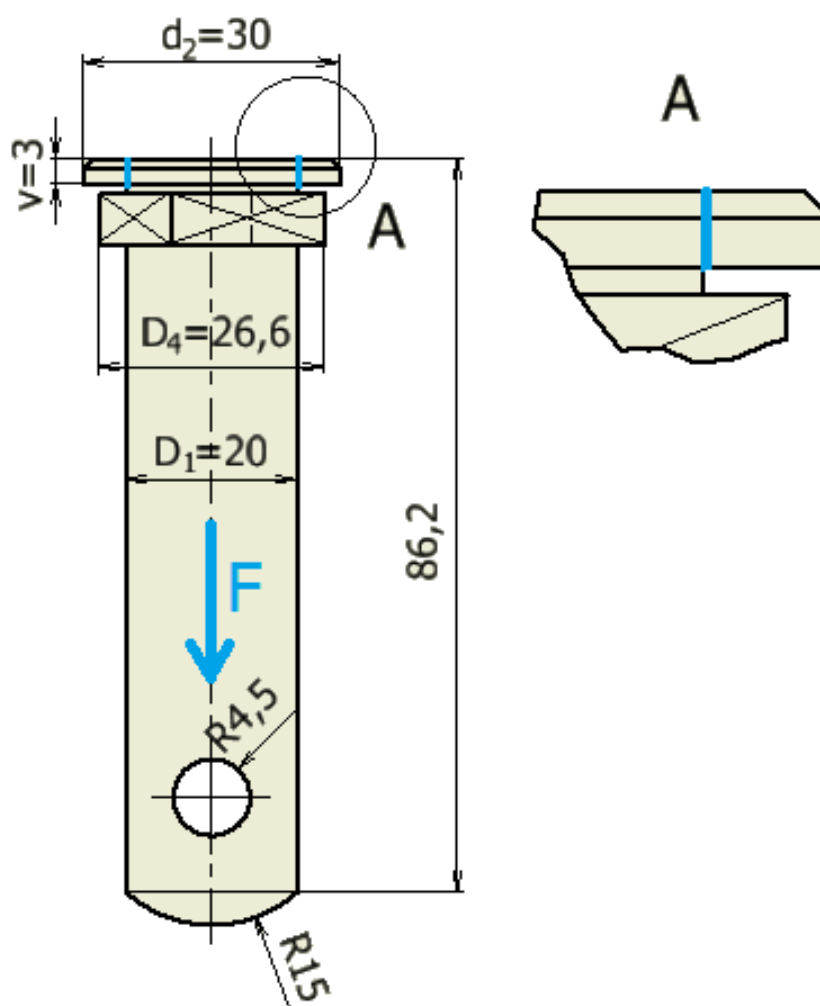
Mez pevnosti R_m pro materiál pouzdra z PTFE (polytetrafluoretylén - Teflon) je 25 MPa.[1]

$$k = \frac{p_D}{p} = \frac{5}{0,21} = 23,8 \quad (5.20)$$

Bezpečnost v místě otláčení vyšla velmi vysoká. Vzhledem k tomu, že se jedná o statickou kontrolu otláčení a v provozu se bude ozubené kolo v pouzdu otáčet (i když se zatížením jen od vlastní hmotnosti – cca 50 N), je vyšší bezpečnost na místě.

Kontrola kritického průřezu na smyk

Kritický průřez svislého čepu kontrolovaný na smyk je v místě hlavy. Průřez je znázorněn na obr. 5.11, zatížení silou $F = 350$ N.



Obr. 5.11 Kritické místo na svislém čepu kontrolované na smyk

Podmínka pevnosti ve smyku:

$$\tau \ll \tau_D \quad (5.21)$$

$$\tau = \frac{F}{\pi \cdot D_1 \cdot v} = \frac{350}{\pi \cdot 20 \cdot 3} = 1,85 \text{ MPa} \quad (5.22)$$

Dovolené napětí ve smyku:

$$\tau_D = \sigma_D = \frac{R_e}{k} = \frac{490}{2,8} = 87,5 \text{ MPa} \quad (5.23)$$

Hodnotu bezpečnosti volím $k = 2,8$.

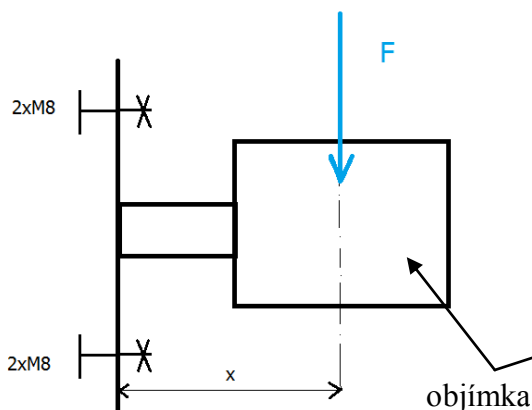
Mez kluzu $R_e = 490$ MPa pro materiál 17 024.

[2]

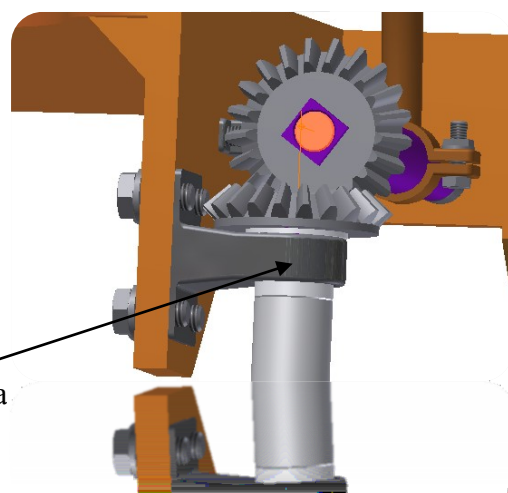
Namáhání ve smyku vyhovuje podmínce a je minimální.

Kontrola namáhaných šroubů

Čtyři nosné šrouby nesou zatížení celé konstrukce. Šrouby spojují nosný rám s objímkou a ta zachycuje kluzné teflonové pouzdro, které je uloženo na svislém čepu. Působící síla má hodnotu 350 N (viz kapitola 5). Horní dva šrouby jsou namáhány tahem a ohybem, spodní tlačeny a ohýbány. Kontrolu zaměřuji na horní šrouby, protože jsou více namáhány. Materiál šroubu je konstrukční ocel 11 500.



Obr. 5.12 Schéma zachycení šrouby



Obr. 5.13 Detail objímky se šrouby

4 x Šroub M8 x 42 ČSN 02 1111

$$d_3 = 6,466 \text{ mm}$$

$$x = 44 \text{ mm (obr. 5.11)}$$

Namáhání šroubů na ohyb:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{4 \cdot W_o} = \frac{F \cdot x}{4 \cdot \frac{\pi \cdot d_3^3}{32}} = \frac{350 \cdot 44}{4 \cdot \frac{\pi \cdot 6,466^3}{32}} = 145 \text{ MPa} \quad (5.24)$$

Namáhání šroubů na tah:

$$\sigma_t = \frac{F}{2 \cdot \frac{\pi \cdot d_3^2}{4}} = \frac{350}{2 \cdot \frac{\pi \cdot 6,466^2}{4}} = 5,3 \text{ MPa} \quad (5.25)$$

Maximální napětí:

$$\sigma_{max} = \sigma_o + \sigma_t = 145 + 5,3 = 150,3 \text{ MPa} \quad (5.26)$$

Bezpečnost šroubů:

Mez kluzu $R_e = 245 \text{ [MPa]}$ pro materiál 11 500.

$$k = \frac{R_e}{\sigma_{max}} = \frac{245}{150,3} = 1,6 \quad (5.27)$$

Bezpečnost šroubů je vyhovující.

Dílčí závěr

Z výše uvedených pevnostních výpočtů vyplývá, že tvar i rozměry svislého čepu i ostatních součástí otočného mechanismu jsou navrženy správně a předpokládanému účelu vyhovují také zvolené materiály.

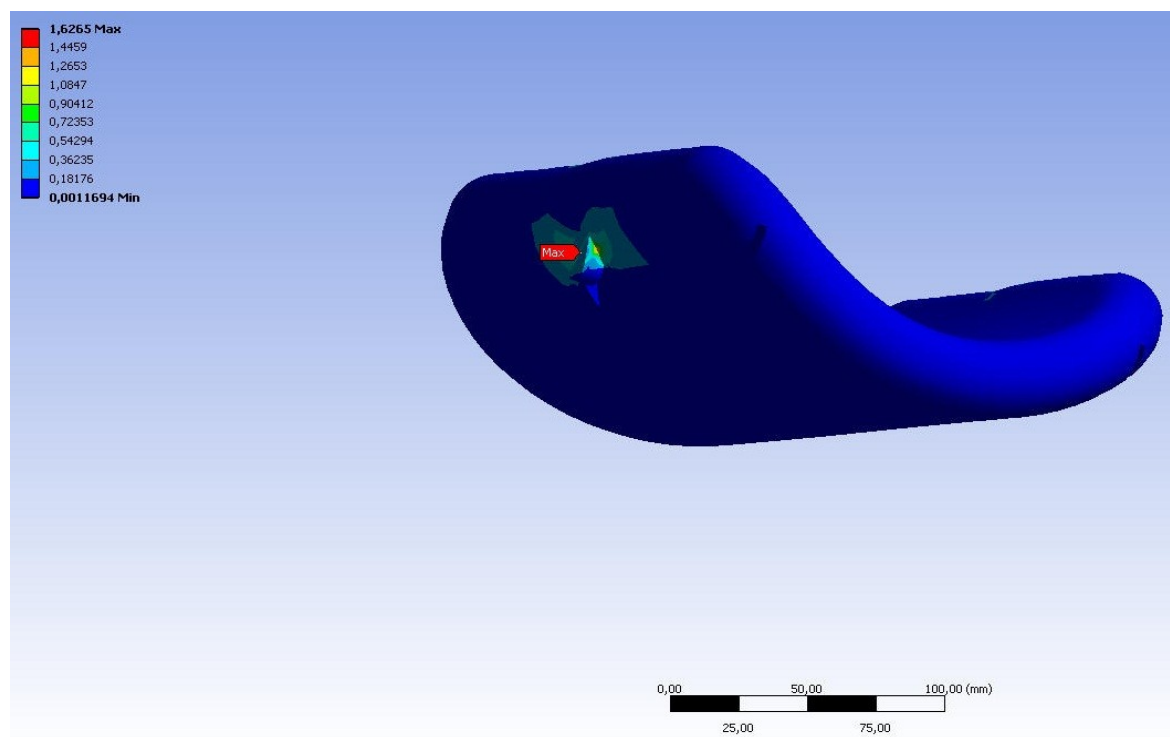
5.6 Výpočty MKP

V programu „ANSYS-Workbench“ je nasimulována opěrná část pro nohu a nejvíc namáhanou součást celé konstrukce – svislý čep.

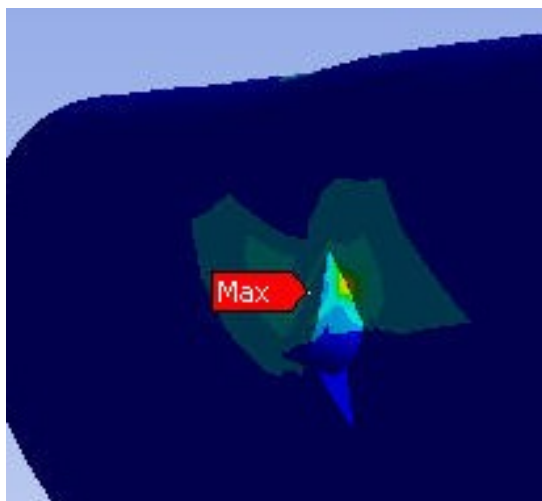
Opěrná část

Zatížení opěrky lýtkovou částí nohy jsem provedla silou F (viz kapitola 5) na celou plochu opěrné části a opěrku jsem pevně ukotvila za vnitřní díry ze spod opěrky, které slouží pro zajištění konstrukce do opěrky kvůli zajištění.

Redukované napětí podle HMM σ_{red} [MPa] opěrky v místě uchycení nosné konstrukce dosahuje maximální hodnoty cca 1,6 MPa (viz obr. 5. 14).

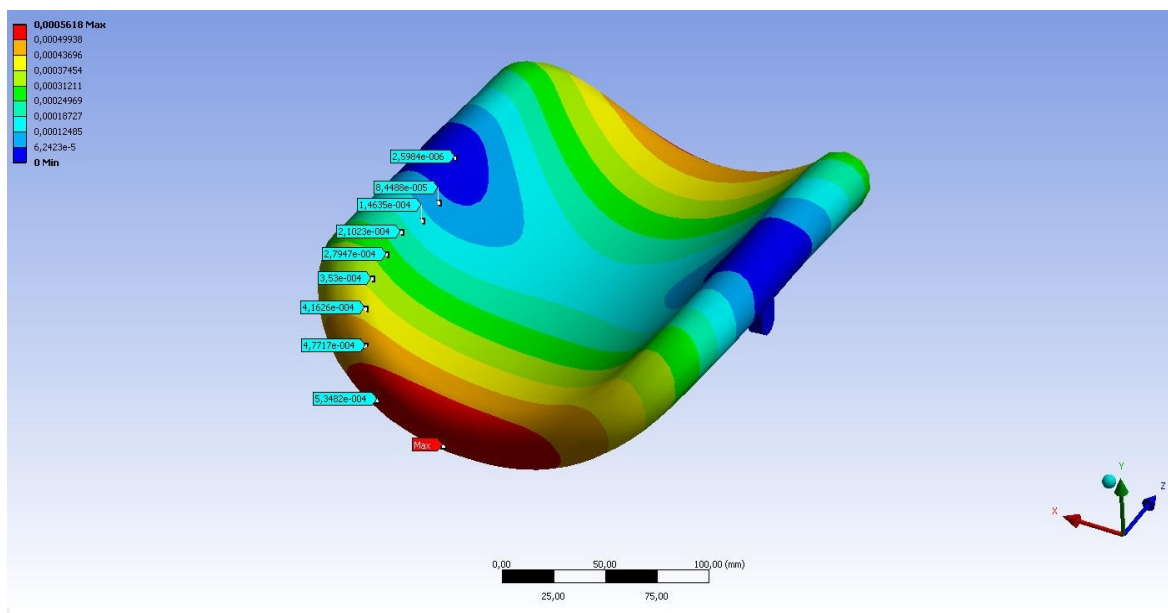


Obr. 5.14 Redukované napětí opěrky dle HMM



Obr. 5.15 Detail redukovaného napětí opěrky dle HMH

Maximální deformace opěrky na předním a zadním okraji vychází zanedbatelných $0,5 \cdot 10^{-3} [\text{mm}]$ (obr. 5.16):

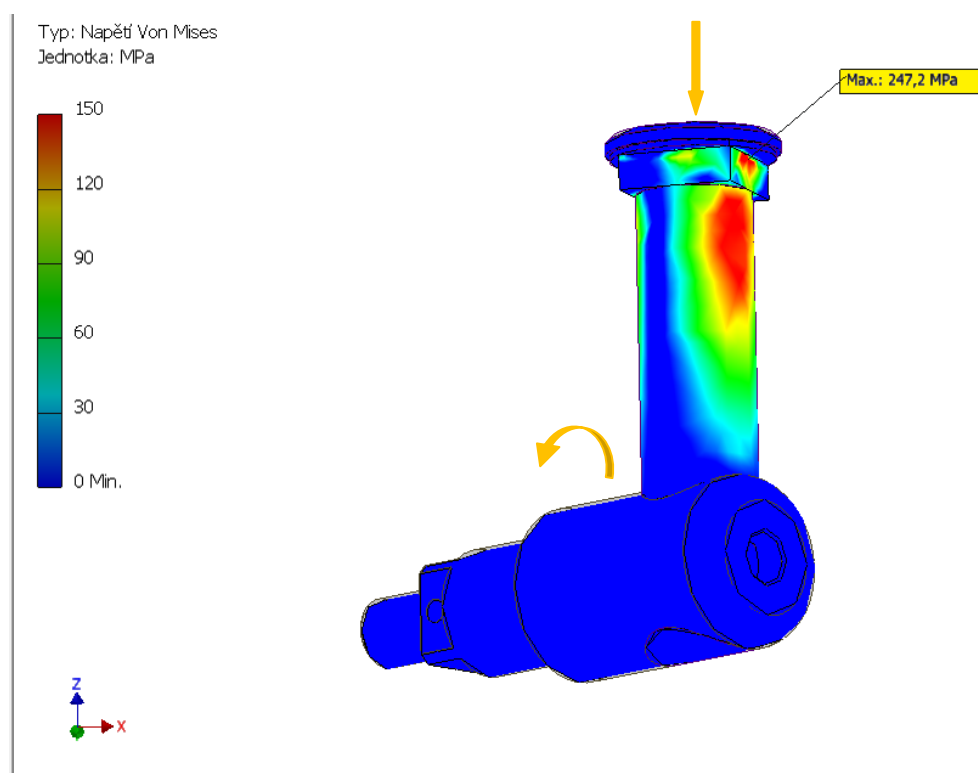


Obr. 5.16 Deformace opěrky

Z výsledků simulace zatížení opěrné části je patrné, že z hlediska napětí i deformací vyhovuje požadavkům.

Svislý čep

Simulace průběhu redukovaného napětí podle HMH řešeného v programu Autodesk® Inventor® 2012 je na obr. 5.17. Čep je zatížen ohybovým momentem $M_o = 128 \text{ Nm}$, který představuje provozní zatížení čepu stanovené v kapitole 5.3 (vztah 5.9) a osamělou silou $F = 350 \text{ N}$ podle kapitoly 5.



Obr. 5.17

Jak je patrné z obrázku 5.19, k maximální koncentraci napětí dochází v místě uchycení s objímkou, kde redukované napětí dle HMH dosahuje 247,2 MPa. Vzhledem k mezi kluzu materiálu čepu 490 MPa vychází bezpečnost více než 1,5, což je dostatečné.

6 Závěr

Podle zadání bakalářské práce na téma skrývatelných opěrek nohou pro porodní křeslo jsem na základě požadavků firmy BORCAD cz s.r.o. vypracovala návrh řešení a navrhované řešení dále konzultovala s vedoucí bakalářské práce a následně pokračovala ve vylepšení návrhu.

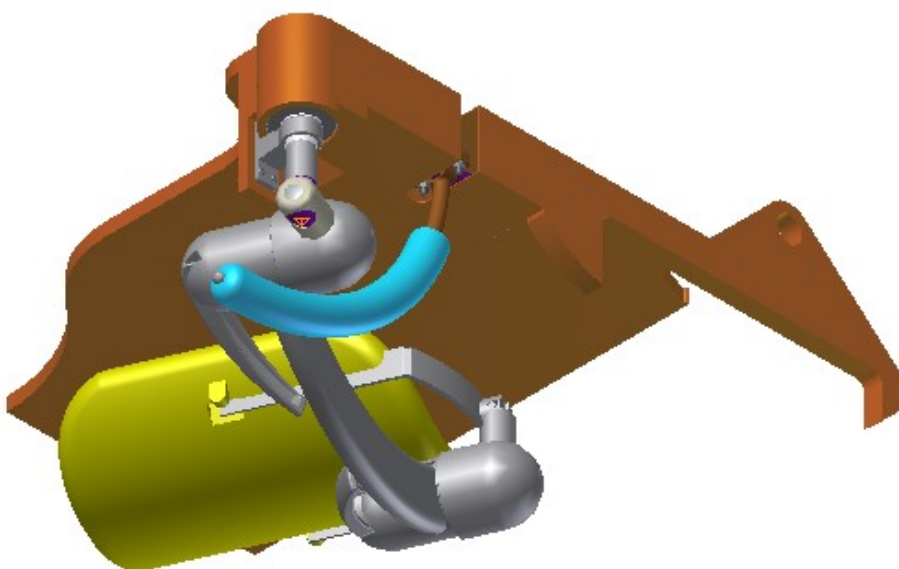
Konečný návrh jsem dále zpracovávala do výsledné podoby uvedené na obr. 6.1. Následovaly kontrolní výpočty uvedené v kapitole 5, např. kontrola svislého čepu na ohyb a tah (výsledná bezpečnost $k = 2,98$), smyk a otlacení, výpočet geometrických parametrů kuželového soukolí apod.

Dalším krokem bylo vymodelování navrženého řešení ve 3D a vyladění parametrů konstrukce tak, aby nedocházelo ke vzájemným kolizím. Kinematika pohybu mechanismu opěrky je rozfázována na obrázcích v kapitole 4.

Závěrem práce byla výkresová dokumentace ve 2D, výkres sestavy a dvou dílenských výkresů.

V navržené konstrukci jsem využila již vyřešené nosné rameno a zpracovala jej do vlastního návrhu otočného mechanismu. Samotnou opěrku jsem zkrátila pro snadnější uschování a snížení hmotnosti.

Výhodou návrhu je umístění v tělese porodního křesla a snadná manipulace. Zdravotnímu personálu to ušetří čas a fyzickou námahu potřebnou pro instalaci opěrek a jejich nastavení do požadované polohy, což výrazně zlepší komfort lékařské péče.



Obr. 6.1 Výsledné řešení skrytí opěrky pod sedák postele (pohled zdola na opěrku levé nohy)

7 Poděkování

Děkuji Ing. Mileně Hrudíčkové, Ph.D., za její cenné rady, připomínky a za čas, který mi věnovala při vedení bakalářské práce. Dále bych ráda poděkovala firmě BORCAD cz s.r.o. za umožnění tématu této bakalářské práce, a konkrétně Ing. Petru Balharovi za skvělou spolupráci.

8 Seznam literatury

- [1] Katalog: *SKF kluzná ložiska [online]*. 2003[cit. 2013-04-02]. Dostupné z: http://www.exvalos.cz/soubory/File/SKF_kluzna_loziska.pdf
- [2] LIENVEBER, J., VÁVRA, P.: *Strojnické tabulky: Druhé doplněné vydání*. Albra, Úvaly, 2005, ISBN 80-7361-011-6
- [3] DEJL, Z.: *Konstrukce strojů a zařízení I – Spojovací části strojů*. Montanex a.s. Ostrava, 2000.
- [4] BOHÁČEK, F.: *Části a mechanismů strojů I – Spoje*. VUT Brno, 1987
- [5] BOLEK, A. A KOL.: *Části strojů – svazek 1*. SNTL Praha, 1990
- [6] NĚMČEK, M.: *Řešené příklady z částí a mechanismů strojů. 2. vydání*. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8
- [7] ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných stroje, nebo zpracovaných textovými editor*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

- [8] Porodní postel: *Použité technologie [online]*. 2012 [cit. 2013-07-05]. Dostupné z: <http://www.rmplast.cz/cs-CZ/galerie/porodni-postel>

Obrázky

- [9] Porodní postel: Pandere, Vitalux [online]. 2010 [cit 2013-08-02]. Dostupné z: <http://www.vivipar.de/downloads/Pandere.pdf>
- [10] Porodní postel: Vitalux [online]. 2010 [cit 2013-08-02]. Dostupné z: <http://www.vivipar.de/downloads/Vitalux.pdf>
- [11] Porodní postel: *VARIUS [online]*. 2007 [cit. 2013-09-02]. Dostupné z: <http://www.brumaba.de/operationstische/varius/varius.html>
- [12] Porodní postel: *Affinity® 4 Birthing Bed [online]*. 2013 [cit. 2013-08-02]. Dostupné z: <http://www.hill-rom.com/usa/Products/Category/Hospital-Beds/Affinity-4-Birthing-Bed/>
- [13] Porodní postel: *LD304 [online]*. 2012 [cit. 2013-08-02]. Dostupné z: http://www.medicalline.it/MLI_20122/LD304.html
- [14] Porodní postel: AVE [online]. 2010 [cit. 2013-08-02]. Dostupné z: http://www.linnet.cz/data2/dep_5/050406_12_big.jpg
- [15] Porodní postel: AVE, podrobnosti [online]. 2013 [cit. 2013-08-02]. Dostupné z: <http://www.borcad.cz/porodni-postel-ave/>

9 Seznam příloh

1. Příloha 1 – Materiálový list
2. BP-SO-01 – Výkres sestavy
3. BP-VV-01 – Dílenský výkres kuželového kola
4. BP-VV-02 – Dílenský výkres čepu